

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	23
Über dieses Buch	23
Vereinbarungen in diesem Buch	24
Was Sie nicht lesen müssen	25
Einige törichte Annahmen	25
Der Aufbau dieses Buches	25
Teil I: Es geht los: Die Grundlagen der Optik	26
Teil II: Arbeiten mit Strahlen: Geometrische Optik	26
Teil III: Ausnutzen des Wellencharakters: Die Wellenoptik	26
Teil IV: Praktische Anwendungen: Optische Instrumente	26
Teil V: Es wird komplexer: Optische Hybridsysteme	26
Teil VI: Mehr als nur Bilder: Moderne Optik	26
Teil VII: Der Top-Ten-Teil	27
Symbole in diesem Buch	27
Wie es weitergeht	27
Teil I	
<i>Es geht los: Die Grundlagen der Optik</i>	29
Kapitel 1	
<i>Die Wissenschaft des Lichts: Einführung in die Optik</i>	31
Die Eigenschaften des Lichts	31
Erzeugung von Bildern mit Hilfe der Teilcheneigenschaften des Lichts	32
Sich die Welleneigenschaften zunutze machen: Interferenz und Beugung	32
Die Optik zu Ihrem Vorteil verwenden: Grundlegende Anwendungen	33
Ihr Verständnis der Optik erweitern	33
Komplizierte Anwendungen	34
Anwendungen der modernen Optik	34
Sie ebneten den Weg: Beiträge zur Optik	35
Kapitel 2	
<i>Auffrischung der für die Optik wichtigen Mathematik- und Physik-Kenntnisse</i>	37
Physikalische Messungen durchführen	37
Ihre Mathematik-Kenntnisse auffrischen	38
Mit Variablen jonglieren	38
Bestimmung von Längen und Winkeln mithilfe der Trigonometrie	40
Das Unbekannte anhand der Algebra erforschen	43
Wiederholung der Wellenphysik	47
Die Wellenfunktion: Ihre Merkmale und die Variablen	47

Das Medium ist wichtig: Mechanische Wellen	49
Verwendung von Wellenfronten in der Optik	50

Kapitel 3**Eine kleine Studie des Lichts: Die Grundlagen****51**

Entwicklung erster Ideen von der Natur des Lichts	51
Über die Teilchentheorie des Lichts nachdenken	51
Durch die Wellentheorie des Lichts spazieren	52
Lichtwellen näher betrachten	53
Wenn Licht eine Welle ist, was schwingt?	
Die elektromagnetische Strahlung verstehen	53
Mit Wellenlängen und Frequenzen rechnen:	
Das elektromagnetische Spektrum	55
Die Intensität und die Leistung des Lichts	56
Einsteins revolutionäre Vorstellung von Licht: Quanten	57
Der photoelektrische Effekt und die Probleme mit der Wellentheorie	57
Verschmelzen von Teilchen- und Welleneigenschaften: Das Photon	58
Es werde Licht: Drei Prozesse zur Erzeugung von Licht	59
Atomübergänge	59
Beschleunigte geladene Teilchen	60
Materie-Antimaterie-Kollision	61
Die drei Gebiete der Optik	61
Geometrische Optik: Licht als Strahlen betrachten	61
Physikalische Optik: Die Welleneigenschaften des Lichts erforschen	61
Quantenoptik: Eine kleine Anzahl von Photonen untersuchen	62

Kapitel 4**Die Richtung des Lichts festlegen****63**

Reflexion: Wenn Licht auf Oberflächen prallt	63
Die Richtung des Lichts bestimmen	64
Die Rolle der Oberflächen bei der spiegelnden und der diffusen Reflexion	65
Der Unterschied zwischen Reflexion und Streuung	66
Brechung: Das Licht beim Durchqueren einer Oberfläche ablenken	68
Die Verlangsamung des Lichts: Der Brechungsindex	68
Die Ablenkung berechnen: Das Snelliussche Gesetz	68
Das Licht kommt wieder zurück: Die Totalreflexion	70
Dispersion: Den Brechungsindex ändern	71
Doppelbrechung: Zwei Brechungsindizes bei derselben Wellenlänge	72
Beugung: Licht um ein Hindernis herum biegen	72

Teil II

Arbeiten mit Strahlen: Geometrische Optik 75

Kapitel 5

Mit zahlreichen Lichtstrahlen Bilder erzeugen 77

Die einfachste Methode: Mithilfe von Schatten Bilder erzeugen	78
Ohne Linsen Bilder erzeugen: Die Lochkamera	80
Einen Blick auf die Größen der Bildbeschreibung werfen	81
Die Art des erzeugten Bildes: Reell oder virtuell	81
Die Ausrichtung des Bildes relativ zum Gegenstand	81
Die Größe eines Bildes relativ zum Gegenstand	81
Fokussieren Sie das Ziel: Brennpunkt und Brennweite	82
Den Brennpunkt und die Brennweite bestimmen	83
Unterscheidung von reellen und den virtuellen Brennpunkten	83

Kapitel 6

Zurückgeworfene Strahlen: Die Erzeugung von Bildern durch Spiegel 87

Ebene Spiegel machen alles einfach	87
Mit konkaven und konvexen Spiegeln die Form ändern	88
Die Spiegelgleichung und die Vorzeichen-Vereinbarungen	89
Mit Hohlspiegeln arbeiten	90
Konvexe Spiegel erkunden	92

Kapitel 7

Viele Strahlen zur selben Zeit brechen: Die Erzeugung von Bildern durch Brechung 95

Bestimmung der Lage der Bilder, die durch eine brechende Oberfläche erzeugt werden	95
Den Ort des Bildes berechnen	96
Lösung von Aufgaben mit einer brechenden Oberfläche	98
Mit mehr als einer brechenden Oberfläche rechnen	100
Linsen: Zwei benachbarte brechende Oberflächen	103
Design einer Linse	103
Konvexe und konkave Linsen näher betrachten	105
Bilder und Eigenschaften von Linsenkombinationen	106
Nein! Schon wieder Verschwommen: Bildfehler	109

Teil III

Ausnutzen des Wellencharakters: Die Wellenoptik 111

Kapitel 8

Optische Polarisation: Das oszillierende elektrische Feld des Lichts 113

Beschreibung der optischen Polarisation	113
Die Ausrichtung des elektrischen Feldes	114

Polarisation: Die Ebene des elektrischen Feldes betrachten	115
Die verschiedenen Arten der Polarisation	115
Linear, zirkular oder elliptisch: Folgen Sie dem Weg des Vektors	116
Polarisiertes Licht erzeugen	123
Selektive Absorption: Bitte in einer Reihe anstellen!	123
Streuung an kleinen Teilchen	124
Reflexion: Ausrichtung parallel zur Oberfläche	125
Doppelbrechung: Aufspalten in Zwei	126

Kapitel 9

Änderung der optischen Polarisation

129

Verfahren zur Änderung des Polarisationszustands	129
Dichroitische Filter: Änderung der Achsen mithilfe von linearen Polarisatoren	129
Doppelbrechende Materialien: Den Polarisationszustand ändern oder drehen	133
Rotierendes Licht durch optisch aktive Materialien	136
Jones-Vektoren: Die Änderung der Polarisation berechnen	137
Den Polarisationszustand anhand von Jones-Vektoren darstellen	137
Jones-Matrizen und Bauelemente zur Änderung der Polarisation	139
Matrizen-Multiplikation: Der Einfluss von Bauelementen auf das einfallende Licht	140

Kapitel 10

Berechnung des reflektierten und transmittierten Lichts mithilfe der Fresnelschen Formeln

145

Der Anteil an reflektiertem und transmittiertem Licht	145
Transversale Moden: Beschreibung der Richtung von Feldern	145
Definition von Reflektions- und Transmissionskoeffizient	147
Verwendung leistungstärkerer Größen:	
Reflexionsvermögen und Transmissionsvermögen	147
Die Fresnelschen Formeln: Die Menge an reflektiertem und transmittiertem Licht	148
Besondere Situationen bei der Reflexion	150
Unter dem Brewster-Winkel auftreten	151
Reflexionsvermögen bei senkrechtem Einfall: Bei 0° hereinkommen	151
Reflexionsvermögen bei streifendem Einfall: Bei 90° auftreten	151
Interne Reflexion und Totalreflexion	152
Verhinderte Totalreflexion: Die abklingende Welle betrachten	152

Kapitel 11

Fortwährende optische Überlagerungen: Nicht immer eine schlechte Sache

155

Die optische Interferenz	155
Die verschiedenen Streifen betrachten: konstruktive und destruktive Interferenz	156
Drei Bedingungen zur Erzeugung von Interferenz	156

Praktische Anwendungen der Interferenz: Interferometer	158
Wellenfrontteilende Interferometer	158
Amplitudenteilende Interferometer	163
Weitere Aufbauten zur Aufteilung von Amplituden	166
Interferenz dünner Schichten	166
Die Newtonschen Ringe	168
Fabry–Perot-Interferometer	169

Kapitel 12

Beugung: Das Licht um Hindernisse herum biegen **171**

Von Nah nach Fern: Zwei Arten der Beugung	171
Die Arten der Beugung	172
Bestimmung der Art der Beugung	172
In großer Entfernung: Die Fraunhofer-Beugung an verschiedenen Blenden	173
Fraunhofer-Beugung an einer kreisförmigen Blende	174
Fraunhofer-Beugung am Spalt	176
In der Nähe: Fresnel-Beugung an verschiedenen Blenden	181
Fresnel-Beugung an einer rechteckigen Blende	181
Fresnel-Beugung an einer kreisförmigen Blende	182
Fresnel-Beugung an einer festen Scheibe	183
Beugung an einer Fresnel-Zonenplatte	183

Teil IV

Praktische Anwendungen: Optische Instrumente **187**

Kapitel 13

Linsensysteme: Gegenstände betrachten, wie man sie sehen will **189**

Das wichtigste optische System: Das menschliche Auge	189
Den Aufbau des menschlichen Auges	189
Akkommodation: Mit Muskelspielen den Brennpunkt ändern	191
Die Verwendung von Linsensystemen zur Korrektur von Fehlsichtigkeit	192
Korrigierende Linsen: Die Linsenform und die Brechkraft	193
Korrektur von Kurzsichtigkeit, Weitsichtigkeit und Astigmatismus	194
Unterstützung des menschlichen Auges durch Linsensysteme	198
Vergrößerungsglas: Bilder mit einer Lupe vergrößern	198
Kleine Gegenstände mit einem Mikroskop betrachten	199
Mit einem einfachen Fernrohr die Entfernung überbrücken	201
Auf den großen Schirm werfen: Der optische Projektor	202

Kapitel 14

Lichtquellen erforschen: Licht bekommen, wo man möchte **203**

Gewöhnliche elektrische Lichtquelle	203
Wichtige elektrische Lichtquellen und ihre Wirkungsweise	204
Die Leistung von Glühlampen und Leuchtstofflampen	206

Effizienteres Licht: Leuchtdioden	207
Das Innenleben einer Leuchtdiode	208
Mit organischen Leuchtdioden farbiges Licht erhalten	209
Leuchtdioden im Display: Laserdioden	210
Den Laser von Grund auf betrachten	211
Bau eines einfachen Lasersystems	212
Vergleich zwischen Lasern und elektrischen Lichtquellen	217

Kapitel 15

Das Licht von hier nach dort leiten **219**

Licht in den Lichtwellenleiter leiten und es dort halten: Totalreflexion	219
Die numerische Apertur bestimmen: Wie viel Licht kann man hineinpacken?	219
Moden von Lichtwellenleitern	221
Verschiedene Arten von Lichtwellenleitern	222
Glasfaserkabel	222
Rechteckige Wellenleiter	226
Lichtwellenleiter bei der Arbeit: Verschiedene Anwendungen	226
Hohlleiter	226
Fernmeldeverbindungen	227
Bildübertragung durch Glasfaserbündel	229

Teil V

Komplexe optische Systeme **231**

Kapitel 16

Photographie: Bilder für die Ewigkeit **233**

Schnappschuss von den Bestandteilen einer Kamera	233
Linsen: Sie bestimmen, was man sieht	234
Blenden: Mit Blendenzahlen und Lichtstärken arbeiten	238
Verschlussklappe: Gerade genug Licht durchlassen	239
Speichermedien: Bilder für immer festhalten	240
Holographie: Auf einer ebenen Oberfläche Tiefe sehen	241
Das Sehen in drei Dimensionen	241
Zwei verschiedene Arten von Hologrammen	242
Der Zusammenhang zwischen Hologramm und Beugungsgitter	244
In die Tiefe gehen: 3D-Filme	246
Zirkulare Polarisierung	247
Das sechsfarbige Anaglyphenverfahren	247
Shutterbrillen	248

Kapitel 17
Bildgebende Verfahren in der Medizin: Man braucht kein Skalpell 249

Licht in den Körper schicken und sehen, was dabei heraus kommt	249
Röntgenstrahlen	250
Optische Kohärenztomographie	252
Endoskope	253
Interpretation des Licht, das Ihren Körper verlässt	256
Computertomographie	256
Positronen-Emissions-Tomographie	257
Kernspinresonanzspektroskopie	259
Magnetresonanztomographie	260

Kapitel 18
Optik überall: Weitere medizinische, industrielle und militärische Anwendungen 263

Medizinische Verfahren betrachten, die mit Lasern arbeiten	263
Das Entfernen von unerwünschtem Material: Gewebeabtrag	264
Löcher und Schnitte abdichten	267
Rein kosmetisch: Weg mit Tätowierungen, Krampfadern und unerwünschten Haaren	268
In die Industrie gehen: Mit der Optik Produkte herstellen und überprüfen	269
Die Qualitätskontrolle	269
Löcher bohren und Materialien ätzen	270
Das Leben vereinfachen: Kommerzielle Anwendungen	270
Anwendungen der Optik in der Verteidigung und in Sicherheitssystemen	271
Entfernungsmesser	271
Nachtsichtgeräte	272
Wärmebildkameras	272
Bildbearbeitung	273

Kapitel 19
Ins Weltall schauen: Teleskope 275

Der Aufbau von Fernrohren und Teleskopen	275
Das Licht sammeln	276
Das Bild mit einem Okular betrachten	277
Linsenfernrohre	278
Das Galilei-Fernrohr	279
Das Kepler-Fernrohr	280
Spiegelteleskope	281
Das Newton-Teleskop	281
Das Cassegrain-Teleskop	282
Das Gregory-Teleskop	282
Spiegel und Linsen kombinieren	284
Das Schmidt-Teleskop	284
Das Maksutov-Teleskop	285

Astronomie: Das Unsichtbare jenseits des Sichtbaren betrachten	285
Wenn ein Teleskop allein nicht ausreicht	286

Teil VI

Mehr als nur Bilder: Moderne Optik **287**

Kapitel 20

Der Brechungsindex, Teil 2: Man kann ihn verändern! **289**

Elektrooptik: Beeinflussung des Brechungsindex mithilfe von elektrischen Feldern	289
Dielektrische Polarisation: Die Ursache des elektrooptischen Effekts verstehen	290
Linear und quadratisch: Arten des elektrooptischen Effekts	291
Bauelemente, die auf dem elektrooptischen Effekt beruhen	294
Akustooptik: Die Dichte des Kristalls mit Schall verändern	296
Der akustooptische Effekt: Ein optisches Gitter erzeugen	296
Verwendung akustooptischer Bauelemente	297
Frequenzwandlung: Die Frequenz des Lichts mit Licht beeinflussen	298
Frequenzverdopplung: Second Harmonic Generation	299
Optisch parametrischer Oszillator: Pumpstrahlen in Signalstrahlen verwandeln	299
Summen- und Differenzfrequenz: Erzeugung von langen und kurzen Wellenlängen	300

Kapitel 21

Quantenoptik: Wo befindet sich das Photon? **301**

Wellen- und Teilcheneigenschaften miteinander verweben	301
Die Wellen- und Teilcheneigenschaften des Lichts betrachten	302
Auch Teilchen haben sowohl Wellen- als auch Teilchencharakter	303
Der experimentelle Beweis: Die Doppelnatur von Licht und Materie beobachten	305
Den Youngschen Doppelspaltversuch erneut aufgreifen	305
Beugung von Licht und Materie	306
Das Mach-Zehnder-Interferometer	306
Quantenverschränkung: Photonen verschränken	307
Eine spukhafte Fernwirkung: Verschränkte Photonen	307
Quantenkryptographie und Quantencomputer:	
Anwendungen mit verschränkten Photonen	308

Teil VII

Der Top-Ten-Teil

309

Kapitel 22

Zehn optische Experimente, die man mit einfachen Mitteln durchführen kann

311

Demonstration der Dispersion mithilfe eines Wassersprühers	311
Ein einfaches Vergrößerungselement	311
Mikroskopie mithilfe einer Murmel	312
Messung der Brennweite einer Lupe	312
Ein Teleskop aus Vergrößerungsgläsern	313
Dünnschichtinterferenz mit Seifenblasen	313
Polarisationsbrillen und der Himmel	314
Luftspiegelungen an einem klaren Tag	314
Der Öffnungsfehler eines Vergrößerungsglases	315
Der Farbfehler eines Vergrößerungsglases	315

Kapitel 23

Zehn bedeutende optische Entdeckungen – und die Leute, die sie verwirklichten

317

Das Teleskop (1610)	317
Die physikalische Optik (spätes 17. Jahrhundert)	317
Beugung und die Wellenoptik (spätes 17. Jahrhundert)	318
Der Doppelspaltversuch (frühes 19. Jahrhundert)	318
Die Polarisation (frühes 19. Jahrhundert)	319
Die Rayleigh-Streuung (spätes 19. Jahrhundert)	319
Elektromagnetismus (1861)	319
Elektrooptik (1875 und 1893)	320
Die Photonentheorie des Lichts (1905)	320
Maser (1953) und Laser (1960)	321

Stichwortverzeichnis

323